

Penggunaan Asap Cair Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Untuk Pengendalian Jamur *Phytophthora citrophthora* Secara In Vitro

H. A. Oramahi¹, Elvi Rusmiyanto², Kustiati²

¹ Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura, Pontianak

² Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Pontianak

Email: oramahi@fahutan.untan.ac.id

Abstract

Efficacy of wood vinegar produced from empty fruit bunches (EFB) against *Phytophthora citrophthora* fungus was evaluated. The objective of the present work is to evaluate antifungal properties of wood vinegar from EFB against *P. citrophthora* fungus. Three kinds of wood vinegar were used three temperatures i.e. 350, 400 and 450 °C. Efficacy of wood vinegar from EFB for antifungal is a factorial 3 by 4 in a completely randomized design; the first factor was pyrolysis temperature of wood vinegar from EFB (350, 400, and 450 °C) and the second factor was treatment of concentration of wood vinegar from EFB (0, 0.5, 1.0, and 1.5 %, v/v). The results showed that pyrolysis temperature effect of wood vinegar from EFB and concentration of wood vinegar were significantly different for inhibition of fungal growth. The highest inhibition was on wood vinegar for EFB with temperature pyrolysis of 450 °C and concentration of wood vinegar of 1% with average value of 100%.

Keyword: efficacy, empty fruit bunches, inhibition of fungal growth, *P. citrophthora*, wood vinegar.

Abstrak

Penggunaan asap cair dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dalam pengendalian jamur, *Phytophthora citrophthora* telah dilakukan. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi sifat antijamur asap cair TKKS untuk menghambat pertumbuhan jamur *P. citrophthora* secara *in vitro*. Asap cair TKKS sebanyak tiga jenis diperoleh dari pirolisis pada suhu 350, 400 dan 450 °C. Medium PDA digunakan untuk efikasi asap cair TKKS terhadap pertumbuhan jamur *P. citrophthora*. Efikasi asap cair TKKS terhadap jamur *P. citrophthora* dengan rancangan acak lengkap faktorial, terdiri atas suhu produksi asap cair TKKS (350, 400, dan 450 °C) dan konsentrasi asap cair TKKS (0, 0,5, 1,0, dan 1,5 %, v/v). Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu pirolisis produksi asap cair dan konsentrasi asap cair berpengaruh sangat nyata terhadap daya hambat pertumbuhan jamur, *P. citrophthora*. Kemampuan asap cair TKKS dalam menghambat pertumbuhan jamur, *P. citrophthora* tertinggi (100 %) pada suhu proses produksi asap cair TKKS (450 °C) dan konsentrasi 1 %.

Kata kunci: asap cair, efikasi, daya hambat, *P. citrophthora*, tandan kosong kelapa sawit

Pendahuluan

Salah satu jamur penyebab penyakit tanaman jeruk di areal penanaman jeruk adalah *Phytophthora citrophthora* (Alvarez *et al.*, 2008). Jamur *P. citrophthora* selama ini dikendalikan dengan fungisida sintetis atau kimia yang mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan dan manusia karena terakumulasinya residu pada buah jeruk (Cabras *et al.*, 1999). Dalam rangka mengatasi adanya dampak negatif tersebut yaitu pengendalian jamur menggunakan bahan alami yaitu pemanfaatan asap cair. Komponen penyusun kayu atau biomasa sebagai bahan baku dalam produksi asap cair mempunyai kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Stefanidis *et al.*, 2014). Produksi asap cair selama ini menggunakan bahan yang mudah didapat dan berlimpah, salah satunya adalah tandan kosong kelapa sawit (TKKS). Di Indonesia, saat pemanenan buah kelapa sawit, TKKS ini merupakan limbah yang penting, mengingat limbah ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Salah satu kegunaan TKKS adalah sebagai bahan baku pembuatan asap cair. Sari *et al.* (2018) meneliti tentang penggunaan asap cair TKKS sebagai pestisida nabati.

Beberapa peneliti telah melakukan penelitian penggunaan asap cair untuk berbagai keperluan antara lain sebagai antijamur (Lourencon *et al.*, 2016; Theapparat *et al.*, 2015), antirayap (Rosalina *et al.* 2016; Ariyanti *et al.*, 2017), dan antiserangga (Kim *et al.* 2008). Penggunaan asap cair yang diperoleh dari kayu batang jeruk mampu menghambat pertumbuhan jamur *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia sclerotiorum* (Saber *et al.* 2013). Chuaboon *et al.* (2016) menyatakan bahwa asap cair diperoleh dari bambu mampu menghambat pertumbuhan jamur *Cercospora lunata*, *Bipolaris oryzae*, *Fusarium semitectum*, and *Alternaria padwickii* secara *in vitro*.

Kemampuan asap cair dalam penghambatan pertumbuhan jamur dipengaruhi oleh komponen kimia penyusun asap cair. Komponen kimiawi penyusunan asap cair dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti komponen kimiawi penyusun kayu (proksimat) sebagai bahan baku antara lain kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin serta suhu pirolisis dalam produksi asap cair. Perbedaan komponen kimiawi pada asap cair seperti kelompok fenol dan kelompok asam diduga mempengaruhi kemampuan asap cair dalam menghambat pertumbuhan jamur. Suhu pirolisis

proses produksi asap cair sebagai faktor penting yang menyebabkan terjadinya perubahan kandungan kimiawi penyusun asap cair terutama kandungan fenol dan turunannya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi sifat antijamur asap cair yang diperoleh dari TKKS terhadap jamur, *Phytophthora citrophthora*.

Metode

Preparasi Bahan

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) sebagai bahan baku dalam produksi asap cair diperoleh dari Mempawah. Preparasi bahan baku TKKS dilaksanakan di Laboratorium *Wood Workshop*, Fakultas Kehutanan, Universitas Tanjungpura, Pontianak.

Pirolisis Asap Cair

Produksi asap cair dengan menggunakan alat pirolisis (Trangono *et al.*, 1996; Oramahi *et al.* 2018). TKKS terlebih dikeringkan dengan cara dihamparkan pada tempat terbuka langsung agar terkena sinar matahari, lalu TKKS dihaluskan menjadi serbuk dengan alat *disk mill*. Produksi asap cair dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Fakultas Teknologi Pertanian, UGM, Yogyakarta. Produksi asap cair dilakukan dengan cara sebagai berikut (1) serbuk TKKS diletakan dalam reaktor kemudian dapur pemanas dinyalakan dengan aliran listrik, (2) suhu pirolisis distel pada suhu proses produksi yaitu 350, 400, dan 450 °C dan lama pirolisis bila asap cair sudah berhenti menetes, (3) asap yang keluar melalui reaktor dialirkan ke dalam kolom pendingin menggunakan pipa penyalur, dan (4) ke dalam kolom pendingin ini disalurkan air dengan pompa. Embunan yang diperoleh berupa asap cair ditampung menggunakan Erlenmeyer 1 l.

Koleksi Isolat dan Efikasi Asap Cair TKKS terhadap Jamur, *Phytophthora citrophthora*

Isolat jamur *P. citrophthora* diperoleh dari Laboratorium Biologi Fakultas MIPA, Untan. Isolat jamur *P. citrophthora* dilakukan perbanyakan dengan media PDA. Pengujian sifat antijamur asap cair TKKS mengacu metode Mohareb *et al.* (2013). Suhu pirolisis produksi asap cair TKKS yang digunakan adalah 350, 400, dan 450 °C dan konsentrasi asap cair TKKS yaitu 0, 0,5, 1,0, dan 1,5 %. Selanjutnya, medium PDA dilakukan sterilisasi dengan *autoclaved* pada suhu 121 °C dan tekanan 103.4 kPa (15 psi) selama 15 menit. Isolat jamur (2 mm) ditumbuhkan berada ditengah cawan petri yang berisi media PDA pada konsentrasi dan suhu pirolisis proses produksi asap cair yang berbeda sebagai perlakuan dan sebagai kontrol yaitu cawan petri hanya berisi media PDA. Masing-masing perlakuan dilakukan

pengulangan sebanyak 3 kali. Cawan petri (perlakuan dan kontrol) yang sudah diinokulasi jamur dilakukan inkubasi pada suhu ruang. Koloni jamur dihitung diamatarnya setelah ada koloni yang tumbuh menutupi semua cawan petri selama 7 hari. Daya hambat pertumbuhan jamur, *P. citrophthora* ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$\text{DHP} = [(K - P)/K] \times 100 (\%)$$

Keterangan DHP = daya hambat pertumbuhan jamur, *Phytophthora citrophthora* dalam %, K = control yaitu pertumbuhan jamur, *P. citrophthora* atau diameter koloni jamur (mm) dan P = pertumbuhan jamur, *P. citrophthora* pada perlakuan asap cair TKKS (mm).

Analisis Data

Rancangan yang digunakan untuk mengevaluasi pengaruh suhu proses produksi asap cair dan konsentrasi asap cair TKKS terhadap daya hambat pertumbuhan jamur, *P. citrophthora* adalah rancangan acak lengkap dengan pola faktorial. Faktor pertama yaitu suhu pirolisis produksi asap cair TKKS terdiri atas 350, 400, dan 450°C. Faktor kedua yaitu konsentrasi asap cair TKKS terdiri atas 0, 0,5, 1,0, dan 1,5 %. Data persentase daya hambat asap cair terhadap jamur, *P. citrophthora* yang diperoleh dilakukan analisis menggunakan sidik ragam. Pengaruh antarperlakuan dilakukan uji BNJ pada taraf nyata 5%. *Software* SAS digunakan untuk analisis data.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian daya hambat asap cair TKKS dalam menghambat pertumbuhan jamur, *Phytophthora citrophthora* pada konsentrasi (0, 0,5, 1,0, dan 1,5 %) dan suhu pirolisis proses produksi asap cair TKKS (350, 400, dan 450 °C), tercantum pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa makin tinggi suhu dan konsentrasi asap cair TKKS makin tinggi daya hambat pertumbuhan jamur, *Phytophthora citrophthora*. Suhu pirolisis produksi dan konsentrasi asap cair berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur, *P. citrophthora*. Aktivitas antijamur asap cair terhadap *P. citrophthora* diduga karena adanya kandungan fenol dalam asap cair. Hal ini diperkuat oleh Cowan (1999) bahwa mekanisme senyawa fenol yaitu adanya penghambatan aktivitas enzim. Selain fenol, hasil oksidasi fenol yang mempunyai aktivitas antimikrobia melalui gangguan pementukan dinding sel dan pengaturan metabolisme sel (Semangun, 1996; Agrios, 2005)

Tabel 1. Daya Hambat Asap Cair dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Terhadap Jamur, *Phytophthora citrophthora*

	Perlakuan		Daya Hambat pertumbuhan jamur (%) <i>Phytophthora citrophthora</i>
	Suhu pirolisis produksi asap cair	Konsentrasi asap cair (%)	
Kontrol		0	2,50 ± 1,23 a
350		0,5	21,17 ± 0,92 b
		1,0	31,77 ± 1,43 c
		1,5	38,59 ± 4,13 d
400		0,5	23,49 ± 1,08 b
		1,0	72,28 ± 0,79 f
		1,5	100 ± 0,00 g
450		0,5	38,43 ± 1,60 d
		1,0	100 ± 0,00 g
		1,5	100 ± 0,00 g

Rerata yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata pada level $P < 0.05$ berdasarkan Uji BNJ

Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Oramahi *et al.* (2010) yang melaporkan bahwa komponen fenol dan asam asap cair TKKS meningkat secara signifikan seiring dengan adanya peningkatan suhu pirolisis proses produksi asap cair. Kandungan fenol asap cair TKKS pada suhu produksi asap cair berturut turut sebesar 2,18 %, 2,26 %, dan 3,63 % pada suhu pirolisis proses produksi asap cair (350, 400, dan 450 °C) dan juga kandungan asam cair TKKS meningkat sejalan dengan adanya peningkatan suhu pirolisis asap cair. Komponen asam (asap cair TKKS) tersebut berturut-turut sebesar 5,41 %, 5,89 %, dan 6,31 %. Sari *et al.* (2018) menyatakan bahwa komponen penyusun asap cair TKKS antara lain etilen glikol, asam asetat, fenol, asam karbamat dan aseton. Di antara komponen penyusun asap cair tersebut, komponen fenol dan asam asetat merupakan senyawa yang berfungsi sebagai antihama.

Tingginya komponen fenol dan asam asap cair TKKS pada suhu proses produksi asap cair 450 °C merupakan jumlah komponen tertinggi seiring dengan peningkatan daya hambat pertumbuhan jamur, *Phytophthora citrophthora* yang tertinggi (Tabel 1). Hasil penelitian ini didukung oleh penelitian yang dilakukan Oramahi *et al.* (2018). Priyamto *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa asap cair kayu dari leban mempunyai daya aktivitas sebagai antijamur terhadap jamur *Aspergillus niger*. Konsentrasi asap cair 5% daya hambat pertumbuhan jamur mencapai 100%. Barbero-López *et al.* (2019) menyatakan bahwa kemampuan asap cair sebagai antijamur disebabkan oleh adanya

sinergis antara kandungan asam organik dan kandungan fenolik penyusun asap cair.

Perbedaan jenis dan jumlah komponen penyusun kimia asap cair, selain disebabkan oleh faktor bahan baku yang berbeda, perbedaan suhu proses produksi asap cair merupakan faktor yang menentukan terjadinya perbedaan jenis dan jumlah komponen. Lingbeck *et al.* (2014) menyatakan bahwa pirolisis terjadi pada empat tahap yaitu (1) penguapan air, (2) dekomposisi hemiselulosa, (3) dekomposisi selulosa dan (4) dekomposisi lignin. Dekomposisi hemiselulosa dan selulosa terjadi pada suhu antara 180 °C dan 350 °C yang menghasilkan asam karboksilat dan senyawa karbonil sedangkan dekomposisi lignin pada suhu antara 300 °C dan 500 °C yang menghasilkan fenol.

Setiawati *et al.* (2019) melaporkan bahwa asap cair dari kayu durian pada suhu 350 °C mengandung komponen 4 metil fenol, 2 metoksi fenol, 2 metoksi 4 metil fenol dan 2 etil 2 metoksi fenol berturut turut sebesar 9,19, 37,07, 25,25, dan 16,02%, sedangkan pada suhu 450 °C berturut turut sebesar 11,84, 38,31, 23,28 dan 23,28 %. Komarayati dan Wibowo (2015) melaporkan bahwa asap cair dari bambu mempunyai komponen seperti asam asetat, metanol dan total fenol. Asap cair dari bambu hitam mempunyai komponen tertinggi seperti asam asetat, methanol dan total fenol. Oramahi *et al.* (2019) melaporkan bahwa kandungan fenol dan asam optimal pada asap cair sebesar masing-masing 3,13 dan 10,04%. Kandungan fenol optimal saat kondisi pirolisis asap cair pada suhu 420 °C selama 122,40 menit, sementara kandungan asam optimal pada suhu pirolisis 422 °C selama 118,5 menit.

Asap cair yang diperoleh dari cangkang kelapa sawit mempunyai komponen utama yaitu fenol dan turunan fenol, dan bersifat sebagai antijamur (Mahmud et al. 2016). Asap cair yang diperoleh dari cangkang kacang tanah hasil pirolisis pada suhu proses produksi 311-550 °C memiliki kandungan kimia sebanyak 41 jenis komponen antara lain kelompok fenol, keton, asam organik, dan turunan furan, berturut-turut sebesar 62,86 %, 8,18 %, 8,02 % dan 1,77 % (Wei et al. 2010). Theapparatus et al. (2015) menyatakan bahwa asap cair yang diperoleh dari *Eucalyptus camaldulensis*, *Leucaena leucocephala*, *Azadirachta indica*, *Hevea brasiliensis* (kayu karet), dan *Dendrocalamus asper* (bambu) mempunyai aktivitas sebagai antijamur terhadap jamur *Trametes versicolor* dan *Rigidoporus amylospora* dan *Gleophyllum trabeum*. Di antara kelima jenis asap cair tersebut, asap cair dari kayu karet dan bamboo mempunyai kandungan total fenol tertinggi dan mempunyai aktivitas antijamur tertinggi tertinggi. Komarayati et al. (2015) telah mengkarakterisasi lima jenis asap cair dari kayu tremas, nani, merbau, matoa, dan kayu malas. Komponen dari kelima asap cair tersebut terdiri atas senyawa asam asetat, *ethylic acid*, fenol, 2-6, dimetoksi-(CAS), 2-6-dimetoksi fenol, dan asam karbamat.

Simpulan

Asap cair TKKS berfungsi sebagai antijamur dalam menghambat pertumbuhan jamur, *Phytophthora citrophthora*. Suhu pirolisis proses produksi asap cair TKKS dan konsentrasinya mempunyai pengaruh nyata dalam menghambat pertumbuhan jamur, *Phytophthora citrophthora* dan daya hambat pertumbuhan jamur, *Phytophthora citrophthora* tertinggi diperoleh pada suhu pirolisis proses produksi asap cair TKKS (450 °C) dengan konsentrasi asap cair sebesar 1 %.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dilaksanakan dengan biaya dari DIPA Untan anggaran tahun 2018, untuk itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih pada pimpinan Untan, Pontianak. Kepada Sdr. Rikhsan Kurniatuhadi, S.Si., M.Si yang membantu saat melaksanakan penelitian ini, untuk itu penulis ucapkan terima kasih.

Daftar Referensi

Agrios, G.N. 2005. *Plant Pathology, Fifth Edition*, Academic Press, San Diego. pp. 952

Alvarez, L.A., A. Vicent, E. De la Roca, J. Bascón, P. Abad Campos, J. Armengol, and J. GarcíaJiménez, J. 2008. Branch Cankers on Citrus Trees in Spain Caused by *Phytophthora citrophthora*. *Plant Pathology*, 57, pp. 84-91

Ariyanti, Budiarso, E., Budi, A.S., dan Kusuma, I.W. 2017. Natural preservative from the liquid smoke of ebony wood as anti-subterranean termites (*Coptotermes curvignathus* Holmgren). *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences* 11, pp. 81-90

Barbero-López, A., Chibily, S., Tomppo, L., Salami, A., Ancin-Murguzur, F. J., Venäläinen, M., and Haapala, A. 2019. Pyrolysis distillates from tree bark and fibre hemp inhibit the growth of wood-decaying fungi. *Industrial Crops and Products*, 129, pp. 604-610.

Cabras, P., M. Schirra, F.M Pirisi, V.L. Garau, and A. Angioni. 1999. Factors Affecting Imazalil and Thiabendazole Uptake and Persistence in Citrus Fruits Following Dip Treatment. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 47, pp. 3352-3354.

Chuaboon, W., Ponghirantanachoke, N., & Athinuwat, D. 2016. Application of wood vinegar for fungal disease controls in paddy rice. *Applied Environmental Research*, 38(3), pp. 77-85.

Cowan, M.M. 1999. Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology Reviews*, 12, pp. 564-582.

Kim, D.H., Seo, H.E., Lee, S.C., and Lee, K.Y. 2008. Effects of wood vinegar mixed with insecticides on the mortalities of *Nilaparvata lugens* and *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae). *Animal Cells and Systems*, 12(1), pp. 47-52.

Komarayati, S., dan Wibowo, S. 2015. Karakteristik asap cair dari tiga jenis bambu. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(2), pp. 167-174.

Komarayati, S., Gusmailina, dan Efiyanti, L. 2018. Karakteristik dan Potensi Pemanfaatan Asap Cair Kayu Tremas, Nani, Merbau, Matoa, dan Kayu Malas, Jurnal penelitian hasil hutan, 36, pp. 219-238

Lingbeck, J.M., Cordero, P., O'Bryan, C.A., Johnson, M.G., Ricke, S.C., and Crandall, P.G. 2014. Functionality of liquid smoke as an all-natural antimicrobial in food preservation. *Meat Science*, 97(2), pp. 197-206.

Lourençon, T.V., Mattos, B.D., Cademartori, P.H., and Magalhães, W.L. 2016. Bio-oil from a fast pyrolysis pilot plant as antifungal and hydrophobic agent for wood preservation. *Journal of analytical and applied pyrolysis*, 122, pp. 1-6.

- Mohareb, A.S., Badawy, M.E., and Abdelgaleil, S.A. 2013. Antifungal activity of essential oils isolated from Egyptian plants against wood decay fungi. *Journal of wood science*, 59 (6), pp. 499-505.
- Oramahi, H.A., Diba, F., dan Wahdina. 2011. Efikasi Asap Cair Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dalam Penekanan Perkembangan Jamur *Aspergillus Niger*. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 10(2), pp. 146-153.
- Oramahi, H.A., Wardoyo, E.R.P., dan Kustiati. 2019. Optimization of pyrolysis condition for bioactive compounds of wood vinegar from oil palm empty bunches using response surface methodology (RSM). In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 633(1), pp. 012058). IOP Publishing.
- Priyamto, S., Oramahi, H.A., dan Diba, F. 2012. Aplikasi Asap Cair Dari Kayu Leban (*Vitex Pubescens* Vahl) Untuk Pengendalian Jamur Pada Benih Tusam (*Pinus merkusii* Jungh Et De Vriese) Secara In Vitro. *Jurnal Hutan Lestari*, 1(1), pp. 23-29
- Rosalina, T.T., Riani, E., dan Sugiarti, S. 2016. An environmental friendly pesticide from bintaro (*Cerbera odollam* gaertn) liquid smoke for pine wood preservation against a subterranean termite *Captotermes curvignathus* Holmgren attack. *Rasayan J Chem*, 9(3), pp. 438-443.
- Saberi, M., Sarpeleh, A., Askary, H., and Rafiei, F. 2013. The effectiveness of wood vinegar in controlling *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia sclerotiorum* in green house-cucumber. *Int J Agric Res Nat Res*, 1(4), pp. 38-43.
- Sari, Y.P., Samharinto, S., dan Langai, B.F. 2018. Penggunaan Asap Cair Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Pestisida Nabati Untuk Mengendalikan Hama Perusak Daun Tanaman Sawi (*Brassica Juncea* L.). *EnviroScienteeae*, 14(3), pp. 272-284.
- Semangun, H. 1996. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Setiawati, E., Annisa, W., Soedarmanto, H., & Iskandar, T. 2019. Characterization of neutralized wood vinegar derived from durian wood (*Durio zibethinus*) and its prospect as pesticide in acidic soil. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 393(1), pp. 012051). IOP Publishing.
- Stefanidis, S.D., Kalogiannis, K.G., Iliopoulou, E. F., Michailof, C.M., Pilavachi, P.A., & Lappas, A.A. 2014. A study of lignocellulosic biomass pyrolysis via the pyrolysis of cellulose, hemicellulose and lignin. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 105, pp. 143-150.
- Theapparat, Y., A. Chandumpai, W. Leelasuphakul, N. Laemsak. 2015. Pyrolygneous Acids from Carbonisation of Wood and Bamboo: Their Components and Antifungal Activity. *Journal of Tropical Forest Science*, 27, pp. 517-526.
- Tranggono, Suhardi, B. Setiadi, P. Darmadji, Supranto, dan Sudarmanto. 1996. Identifikasi asap cair dari berbagai jenis kayu dan tempurung kelapa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 1, pp. 15-24.
- Wei, Q., X. Ma, and J. Dong. 2010. Preparation, Chemical Constituents and Antimicrobial Activity of Pyrolygneous Acids from Walnut Tree Branches. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 87, pp. 24-28.